



(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2007년09월17일  
(11) 등록번호 10-0759641  
(24) 등록일자 2007년09월11일

(51) Int. Cl.

H03B 5/32 (2006.01) H03L 1/02 (2006.01)

(21) 출원번호 10-2006-0022284  
(22) 출원일자 2006년03월09일  
심사청구일자 2006년03월09일  
(65) 공개번호 10-2006-0098325  
공개일자 2006년09월18일  
(30) 우선권주장 JP-P-2005-00066395 2005년03월09일 일본(JP)  
(56) 선행기술조사문헌 JP16336373 A  
(뒷면에 계속)

(73) 특허권자

엡슨 토요콤 가부시키 가이샤  
일본 도쿄도 히노시 히노 421-8

(72) 발명자

이시카와 마사유키

일본국 가나가와-켄, 가와사기-시, 사이와이-구,  
3-쵸메, 추가고쉼 484 엡슨 토요콤 가부시키가이샤  
내

기요하라 아츠시

일본국 가나가와-켄, 가와사기-시, 사이와이-구,  
3-쵸메, 추가고쉼 484 엡슨 토요콤 가부시키가이샤  
내

(74) 대리인

한양특허법인

전체 청구항 수 : 총 5 항

심사관 : 조성찬

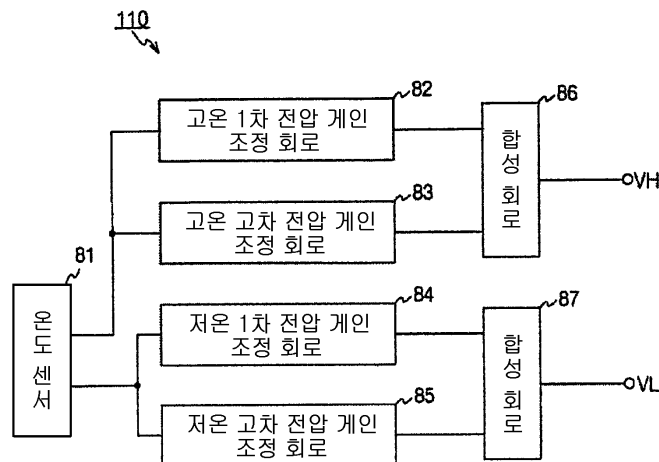
(54) 온도 보상형 압전 발진기

(57) 요약

(과제) MOS형 버랙터의 비선형성의 용량 변화를 이상적인 3차 함수에 근접시키기 위해, 직선적인 제어 전압의 특성에 고차 함수 특성을 합성하여 온도 보상 정밀도를 향상한 온도 보상형 압전 발진기를 제공한다.

(해결 수단) 이 온도 보상 전압 발생 회로(110)는, 주위 온도에 의해 파라미터가 변화하는 온도 센서(온도 검출부; 81)와, 온도에 대해 직선적으로 변화하는 전압을 생성하는 고온 1차 전압 게인 조정 회로(고온 1차 전압 생성 수단; 82)와, 이 고온 1차 전압 게인 조정 회로(82)에 의해 생성된 전압의 고온측의 온도에 대해 고차의 차수를 가지는 전압을 생성하는 고온 고차 전압 게인 조정 회로(고온 고차 전압 생성 수단; 83)와, 고온 1차 전압 게인 조정 회로(82) 및 고온 고차 전압 게인 조정 회로(83)에 의해 생성되는 전압을 합성하는 합성 회로(고온 전압 합성 수단; 86)와, 온도에 대해 직선적으로 변화하는 전압을 생성하는 저온 1차 전압 게인 조정 회로(저온 1차 전압 생성 수단; 84)와, 이 저온 1차 전압 게인 조정 회로(84)에 의해 생성된 전압의 저온측의 온도에 대해 고차의 차수를 가지는 전압을 생성하는 저온 고차 전압 게인 조정 회로(저온 고차 전압 생성 수단; 85)와, 저온 1차 전압 게인 조정 회로(84) 및 저온 고차 전압 게인 조정 회로(85)에 의해 생성되는 전압을 합성하는 합성 회로(저온 전압 합성 수단; 87)를 구비하여 구성된다.

대표도 - 도1



(56) 선행기술조사문헌

KR1020040101240 A

JP2004336373 A

JP2005006030 A

JP2005033329 A

KR1020010021571 A

KR1020020003393 A

KR1020020030980 A

---

## 특허청구의 범위

### 청구항 1

압전 소자에 전류를 흘려 여진시키는 발진 회로와, 직류 저지용 고정 용량 소자와, 온도 변화에 의한 발진 주파수의 변화를 보상하는 주파수 온도 보상 회로와, 압전 소자를 구비한 압전 진동자를 직렬로 접속한 온도 보상형 압전 발진기로서,

상기 주파수 온도 보상 회로는, 주위 온도에 의해 파라미터가 변화하는 온도 검출부에 의해 변화한 파라미터에 의거하여 전압을 발생하는 온도 보상용 전압 발생부를 구비하고,

상기 온도 보상용 전압 발생부는, 상기 압전 소자의 온도 특성의 상온을 중심으로 저온측의 온도 특성을 보상하는 전압을 발생하는 저온 제어 전압 발생부와, 고온측의 온도 특성을 보상하는 전압을 발생하는 고온 제어 전압 발생부를 구비하고,

상기 저온 제어 전압 발생부는, 온도에 대해 직선적으로 변화하는 전압을 생성하는 저온 1차 전압 생성 수단과, 상기 저온 1차 전압 생성 수단에 의해 생성된 전압의 저온측의 온도에 대해 고차의 차수를 가지는 전압을 생성하는 저온 고차 전압 생성 수단과, 상기 저온 1차 전압 생성 수단 및 저온 고차 전압 생성 수단에 의해 생성되는 전압을 합성하는 저온 전압 합성 수단을 구비하고,

상기 고온 제어 전압 발생부는, 온도에 대해 직선적으로 변화하는 전압을 생성하는 고온 1차 전압 생성 수단과, 상기 고온 1차 전압 생성 수단에 의해 생성된 전압의 고온측의 온도에 대해 고차의 차수를 가지는 전압을 생성하는 고온 고차 전압 생성 수단과, 상기 고온 1차 전압 생성 수단 및 고온 고차 전압 생성 수단에 의해 생성되는 전압을 합성하는 고온 전압 합성 수단을 구비하며, 상기 저온 제어 전압 발생부는, 상온 부근보다 고온부에서 전압을 일정하게 한 전압을 생성하고, 상기 고온 제어 전압 발생부는, 상온 부근보다 저온부에서 전압을 일정하게 한 전압을 생성하는 것인, 온도 보상형 압전 발진기.

### 청구항 2

압전 소자에 전류를 흘려 여진시키는 발진 회로와, 직류 저지용 고정 용량 소자와, 온도 변화에 의한 발진 주파수의 변화를 보상하는 주파수 온도 보상 회로와, 압전 소자를 구비한 압전 진동자를 직렬로 접속한 온도 보상형 압전 발진기로서,

상기 주파수 온도 보상 회로는, 주위 온도에 의해 파라미터가 변화하는 온도 검출부에 의해 변화한 파라미터에 의거하여 전압을 발생하는 온도 보상용 전압 발생부를 구비하고,

상기 온도 보상용 전압 발생부는, 상기 압전 소자의 온도 특성의 상온을 중심으로 저온측의 온도 특성을 보상하는 전압을 발생하는 저온 제어 전압 발생부와, 고온측의 온도 특성을 보상하는 전압을 발생하는 고온 제어 전압 발생부를 구비하고,

상기 저온 제어 전압 발생부는, 온도에 대해 제1 구배(勾配)에 의해 직선적으로 변화하는 전압을 생성하는 제1 저온 1차 전압 생성 수단과, 온도에 대해 제2 구배에 의해 직선적으로 변화하는 전압을 생성하는 제2 저온 1차 전압 생성 수단과, 상기 제1 저온 1차 전압 생성 수단 및 제2 저온 1차 전압 생성 수단으로부터 생성되는 전압을 합성하는 저온 전압 합성 수단을 구비하고,

상기 고온 제어 전압 발생부는, 온도에 대해 제1 구배에 의해 직선적으로 변화하는 전압을 생성하는 제1 고온 1차 전압 생성 수단과, 온도에 대해 제2 구배에 의해 직선적으로 변화하는 전압을 생성하는 제2 고온 1차 전압 생성 수단과, 상기 제1 고온 1차 전압 생성 수단 및 제2 고온 1차 전압 생성 수단으로부터 생성되는 전압을 합성하는 고온 전압 합성 수단을 구비한, 온도 보상형 압전 발진기.

### 청구항 3

압전 소자에 전류를 흘려 여진시키는 발진 회로와, 직류 저지용 고정 용량 소자와, 온도 변화에 의한 발진 주파수의 변화를 보상하는 주파수 온도 보상 회로와, 압전 소자를 구비한 압전 진동자를 직렬로 접속한 온도 보상형 압전 발진기로서,

상기 주파수 온도 보상 회로는, 주위 온도에 의해 파라미터가 변화하는 온도 검출부에 의해 변화한 파라미터에 의거하여 전압을 발생하는 온도 보상용 전압 발생부를 구비하고,

상기 온도 검출부는, 저온으로부터 온도가 상승함에 따라 직선적으로 상승하는 전압을 발생하는 제1 센서 전압 발생 회로와, 저온으로부터 온도가 상승함에 따라 직선적으로 하강하는 전압을 발생하는 제2 센서 전압 발생 회로와, 상기 제1 센서 전압 발생 회로로부터 발생한 전압과 동일한 구배를 가지며 클립 전압이 가산된 전압을 발생하는 제3 센서 전압 발생 회로를 구비하고,

상기 온도 보상용 전압 발생부는, 상기 압전 소자의 온도 특성의 상온을 중심으로 저온측의 온도 특성을 보상하는 전압을 발생하는 저온 제어 전압 발생부와, 고온측의 온도 특성을 보상하는 전압을 발생하는 고온 제어 전압 발생부를 구비하고,

상기 저온 제어 전압 발생부는, 상기 제2 센서 전압에 의거하여 직선적으로 변화하는 전압을 생성하는 저온 1차 전압 생성 수단과, 상기 제2 센서 전압 및 상기 제3 센서 전압에 의거하여 상기 저온 1차 전압 생성 수단에 의해 생성된 전압의 저온측의 온도에 대해 고차의 차수를 가지는 전압을 생성하는 저온 고차 전압 생성 수단과, 상기 저온 1차 전압 생성 수단 및 저온 고차 전압 생성 수단으로부터 생성되는 전압을 합성하는 저온 전압 합성 수단을 구비하고,

상기 고온 제어 전압 발생부는, 상기 제2 센서 전압에 의거하여 직선적으로 변화하는 전압을 생성하는 고온 1차 전압 생성 수단과, 상기 제1 센서 전압 및 상기 제2 센서 전압에 의거하여 상기 고온 1차 전압 생성 수단에 의해 생성된 전압의 고온측의 온도에 대해 고차의 차수를 가지는 전압을 생성하는 고온 고차 전압 생성 수단과, 상기 고온 1차 전압 생성 수단 및 고온 고차 전압 생성 수단으로부터 생성되는 전압을 합성하는 고온 전압 합성 수단을 구비한, 온도 보상형 압전 발진기.

#### 청구항 4

제3항에 있어서,

상기 저온 고차 전압 생성 수단 및 고온 고차 전압 생성 수단은, 고차의 차수를 가지는 전압의 차수를 변경 가능하게 한 것인, 온도 보상형 압전 발진기.

#### 청구항 5

제2항 또는 제3항에 있어서,

상기 저온 제어 전압 발생부는, 상온 부근보다 고온부에서 전압을 일정하게 한 전압을 생성하고, 상기 고온 제어 전압 발생부는, 상온 부근보다 저온부에서 전압을 일정하게 한 전압을 생성하는 것인, 온도 보상형 압전 발진기.

### 명세서

#### 발명의 상세한 설명

##### 발명의 목적

##### 발명이 속하는 기술 및 그 분야의 종래기술

- <31> 본 발명은 수정 등의 압전 소자를 사용한 발진기에 관한 것이며, 특히 간단한 회로 구성에 의해 주파수의 온도 보상이 가능하고, 또한 IC화에 적합한 온도 보상형 압전 발진기에 관한 것이다.
- <32> 최근, 압전 소자, 예를 들면 수정 진동자를 사용한 발진기에서는 주파수 안정도는 물론, 소형화, 저가격화 등의 요구가 엄격하고, 나아가 통신 방식의 디지털화가 진행됨에 따라, 종래에는 문제되지 않았던 잡음비특성(C/N 특성)의 향상이 요망되고 있다. 발진기의 출력 주파수는 여러 요인으로 변화하지만, 비교적 주파수의 안정도가 높은 수정 발진기에서도, 주위 온도, 전원 전압 및 출력 부하 등의 조건 변화에 의한 주파수 변동이 있고, 이들에 대응하는 수단은 다양한 것이 강구되고 있다. 예를 들면, 온도 변화에 관해서는 수정 발진기에 온도 보상 회로를 부가하고, 발진 루프 중의 부하 용량을 변화시켜, 수정 진동자 고유의 온도-주파수 특성을 상쇄하도록 상기 부하 용량을 온도 변화에 대해 제어한 온도 보상 수정 발진기(이하, TCXO 라 칭함)가 있다.
- <33> 도 15(a)는, 동일 출원인이 생각해 낸 TCXO의 회로도이다. 이 예에 나타내는 TCXO는, 콜피츠 발진 회로(60)에, 직류 저지용 고정 용량 소자(C3)와, 온도 보상 회로(61)와, 수정 진동자(X)를 직렬로 접속한 것이다. 이 온도 보상 회로(61)는, 저온부 보상용 MOS 용량 소자(ML)와 감도 조정용 고정 용량 소자(C4)와의 직렬 접속 회로와,

고온부 보상용 MOS 용량 소자(MH)와의 병렬 접속으로 이루어져 있고, 저온용 MOS 용량 소자(ML)와 고온용 MOS 용량 소자(MH)가 서로 다른 극성을 향하도록 되어 있다. 또, 저온용 MOS 용량 소자(ML)의 애노드 단자측과 고정 용량 소자(C4)의 접속 중점(中點)에는, 저온부 제어 전압 신호(VL)가 입력 저항(R4)을 통하여 공급되고 있어, 고온용 MOS 용량 소자(MH)의 게이트 단자 측에는 입력 저항(R5)을 통하여 고온부 제어 전압 신호(VH)가 공급되고 있다. 그리고, 이 저온용 MOS 용량 소자(ML)의 게이트 단자측과 고온용 MOS 용량 소자(MH)의 애노드 단자 측에는 기준 전압 신호(VREF)가 입력 저항(R6)을 통하여 공급되고 있다.

<34> 도 15(b)는 TCX0의 온도 보상 전압의 도면이다. 본 발명의 TCX0의 온도 보상은 MOS 버랙터를 이용하여 진동자(X)의 주파수 온도 보상을 행하고 있다. MOS형 버랙터의 온도 변화에 대한 용량 변화가 3차 함수에 가깝기 때문에, MOS형 버랙터에 가하는 전압이 온도 변화에 대해 1차 함수적으로 변화하는 것만으로 온도 보상을 실현할 수 있다. 그러나, 수정 진동자의 주파수 온도 특성은 고체 간에 불균형이 있기 때문에 MOS 용량 변화가 온도 보상을 행하면 반드시 이상적인 보상 커브인 것은 아니며, 온도 보상 정밀도는 그다지 좋지 않았기 때문에 높은 주파수 안정도를 가지는 기준 발진원을 필요로 하는, 예를 들면 GPS 수신기용의 기준 발진기로는 충분한 성능은 아니었다.

<35> 도 16(b)은 도 15의 TCX0의 온도 특성을 나타내는 도면이다. 도 16(a)의 실선(62)은 수정 진동자(X)의 온도 특성을 나타내고, 파선(63)은 온도 보상 회로(61)를 도 15(b)에 나타내는 제어 전압으로 제어한 경우의 온도 변화에 대한 주파수 가변 특성을 나타낸다. 이 도면에서 명확한 바와 같이, 도 15(b)에 나타내는 제어 전압으로 온도 보상 회로(61)를 제어한 경우, 주파수의 곡선적인 변화를 필요로 하는 부분에서의 곡률을 미세조정할 수 없었기 때문에, 수정 진동자(X)의 온도 특성(62)을 보상하기 위해서는 이상적인 보상 제어를 할 수 없어(보상 커브를 얻을 수 없어), 온도 보상 후의 온도 특성의 정밀도는  $\pm 2\text{ppm}$  밖에 얻을 수 없었다.

<36> 특허 문헌 1 : 일본 특허출원 2003-122420

### 발명이 이루고자 하는 기술적 과제

<37> 특허 문헌 1에 개시되어 있는 종래 기술은, MOS형 버랙터의 비선형성의 용량 변화가 3차 함수에 가깝기 때문에, MOS형 버랙터에 가하는 전압이 단순한 1차 함수만으로 온도 보상을 실현할 수 있지만, 이상적인 보상 커브가 아니기 때문에 온도 보상 정밀도는 그다지 좋지 않았다.

<38> 또, 고온부의 MOS 버랙터(MH)는 저온에서는 주파수 감도가 없는 것이 이상적이지만, 실제로는 약간 주파수 감도를 가지고 있고, 고온의 제어 전압(VH)은 저온부에서도 영향을 미친다. 따라서, 정밀한 주파수 안정도가 요구되는 제품의 경우, 특정한 주파수 온도 특성을 가지는 수정 진동자를 선별해야 하는 등 주파수의 조정이 복잡해진다는 문제가 있다.

<39> 본 발명은, 이러한 과제를 감안하여, MOS형 버랙터의 비선형성의 용량 변화를 이용하여 온도 보상 회로의 보상 용량 커브를 이상적인 것에 근접시키기 위해, 직선적인 제어 전압의 특성에 고차 함수 특성을 합성하여 온도 보상 정밀도를 향상한 TCX0를 제공하는 것을 목적으로 한다.

<40> 또 다른 목적은, 저온부와 고온부의 제어 전압이 서로 영향을 미치지 않도록 하기 위해, 저온부의 제어 전압을 상온 이상으로 일정치로 하고, 고온부의 제어 전압을 상온 이하로 일정치로 하여 고정밀도 제품의 경우라 하더라도 주파수의 조정을 용이하게 하는 것이다.

### 발명의 구성 및 작용

<41> 본 발명은 이러한 과제를 해결하기 위해, 청구항 1은, 압전 소자에 전류를 흘려 여진시키는 발진 회로와, 직류 저지용 고정 용량 소자와, 온도 변화에 의한 발진 주파수의 변화를 보상하는 주파수 온도 보상 회로와, 소정의 주파수로 여진되는 압전 소자를 구비한 압전 진동자를 직렬로 접속한 온도 보상형 압전 발진기로서, 상기 주파수 온도 보상 회로는, 주위 온도에 의해 파라미터가 변화하는 온도 검출부에 의해 변화한 파라미터에 의거하여 전압을 발생하는 온도 보상용 전압 발생부를 구비하고, 상기 온도 보상용 전압 발생부는, 상기 압전 소자의 온도 특성의 상온을 중심으로 저온측의 온도 특성을 보상하는 전압을 발생하는 저온 제어 전압 발생부와, 고온측의 온도 특성을 보상하는 전압을 발생하는 고온 제어 전압 발생부를 구비하고, 상기 저온 제어 전압 발생부는, 온도에 대해 직선적으로 변화하는 전압을 생성하는 저온 1차 전압 생성 수단과, 상기 저온 1차 전압 생성 수단에 의해 생성된 전압의 저온측의 온도에 대해 고차의 차수를 가지는 전압을 생성하는 저온 고차 전압 생성 수단과, 상기 저온 1차 전압 생성 수단 및 저온 고차 전압 생성 수단에 의해 생성되는 전압을 합성하는 저온 전압 합성 수단을 구비하고, 상기 고온 제어 전압 발생부는, 온도에 대해 직선적으로 변화하는 전압을 생성하는 고온

1차 전압 생성 수단과, 상기 고온 1차 전압 생성 수단에 의해 생성된 전압의 고온측의 온도에 대해 고차의 차수를 가지는 전압을 생성하는 고온 고차 전압 생성 수단과, 상기 고온 1차 전압 생성 수단 및 고온 고차 전압 생성 수단에 의해 생성되는 전압을 합성하는 고온 전압 합성 수단을 구비한 것을 특징으로 한다.

<42> 본 발명은, 직선적인 제어 전압을 이용하여 온도 보상을 행하였던 종래의 방식에 비해, 가능한 한 MOS형 버랙터의 특성을 수정 진동자의 특성에 접근시키기 위해, 직선적인 제어 전압과 고차의 차수를 가지는 전압을 합성하는 것이다. 즉, 저온측에 대해서는 저온측의 온도로 고차의 차수를 가지는 전압을 생성하도록 하고, 고온측에 대해서는 고온측의 온도로 고차의 차수를 가지는 전압을 생성하도록 한 고차 전압 생성 수단을 각각 구비하고, 직선적인 제어 전압과 합성함으로써 저온측과 고온측의 제어 전압을 생성하여 온도 보상 회로에 인가하는 것이다.

<43> 청구항 2는, 압전 소자에 전류를 흘려 여진시키는 발진 회로와, 직류 저지용 고정 용량 소자와, 온도 변화에 의한 발진 주파수의 변화를 보상하는 주파수 온도 보상 회로와, 소정의 주파수로 여진되는 압전 소자를 구비한 압전 진동자를 직렬로 접속한 온도 보상형 압전 발진기로서, 상기 주파수 온도 보상 회로는, 주위 온도에 의해 파라미터가 변화하는 온도 검출부에 의해 변화한 파라미터에 의거하여 전압을 발생하는 온도 보상용 전압 발생부를 구비하고, 상기 온도 보상용 전압 발생부는, 상기 압전 소자의 온도 특성의 상온을 중심으로 저온측의 온도 특성을 보상하는 전압을 발생하는 저온 제어 전압 발생부와, 고온측의 온도 특성을 보상하는 전압을 발생하는 고온 제어 전압 발생부를 구비하고, 상기 저온 제어 전압 발생부는, 온도에 대해 제1 구배(勾配)에 의해 직선적으로 변화하는 전압을 생성하는 제1 저온 1차 전압 생성 수단과, 온도에 대해 제2 구배에 의해 직선적으로 변화하는 전압을 생성하는 제2 저온 1차 전압 생성 수단 및 제2 저온 1차 전압 생성 수단으로부터 생성되는 전압을 합성하는 저온 전압 합성 수단을 구비하고, 상기 고온 제어 전압 발생부는, 온도에 대해 제1 구배에 의해 직선적으로 변화하는 전압을 생성하는 제1 고온 1차 전압 생성 수단과, 온도에 대해 제2 구배에 의해 직선적으로 변화하는 전압을 생성하는 제2 고온 1차 전압 생성 수단과, 상기 제1 고온 1차 전압 생성 수단 및 제2 고온 1차 전압 생성 수단으로부터 생성되는 전압을 합성하는 고온 전압 합성 수단을 구비한 것을 특징으로 한다.

<44> 본 발명은, 직선적인 제어 전압을 이용하여 온도 보상을 행하였던 종래의 방식에 비해, 가능한 한 MOS형 버랙터의 특성을 수정 진동자의 특성에 접근시키기 위해, 2종류의 직선적인 제어 전압을 합성하는 것이다. 즉, 저온측에 대해서는 구배가 상이한 2종류의 직선적인 제어 전압을 생성하도록 하고, 고온측에 대해서는 구배가 상이한 2종류의 직선적인 제어 전압을 생성하도록 하여, 이러한 2종류의 직선적인 제어 전압을 각각 합성함으로써, 저온측과 고온측의 제어 전압을 생성하여 온도 보상 회로에 인가하는 것이다.

<45> 청구항 3은, 압전 소자에 전류를 흘려 여진시키는 발진 회로와, 직류 저지용 고정 용량 소자와, 온도 변화에 의한 발진 주파수의 변화를 보상하는 주파수 온도 보상 회로와, 소정의 주파수로 여진되는 압전 소자를 구비한 압전 진동자를 직렬로 접속한 온도 보상형 압전 발진기로서, 상기 주파수 온도 보상 회로는 주위 온도에 의해 파라미터가 변화하는 온도 검출부에 의해 변화한 파라미터에 의거하여 전압을 발생하는 온도 보상용 전압 발생부를 구비하고, 상기 온도 검출부는 저온으로부터 온도가 상승함에 따라 직선적으로 상승하는 전압을 발생하는 제1 센서 전압 발생 회로와, 저온으로부터 온도가 상승함에 따라 직선적으로 하강하는 전압을 발생하는 제2 센서 전압 발생 회로와, 상기 제1 센서 전압 발생 회로로부터 발생한 전압과 동일한 구배를 가지며 소정의 클립 전압이 가산된 전압을 발생하는 제3 센서 전압 발생 회로를 구비하고, 상기 온도 보상용 전압 발생부는 상기 압전 소자의 온도 특성의 상온을 중심으로 저온측의 온도 특성을 보상하는 전압을 발생하는 저온 제어 전압 발생부와, 고온측의 온도 특성을 보상하는 전압을 발생하는 고온 제어 전압 발생부를 구비하고, 상기 저온 제어 전압 발생부는 상기 제2 센서 전압에 의거하여 직선적으로 변화하는 전압을 생성하는 저온 1차 전압 생성 수단과, 상기 제2 센서 전압 및 상기 제3 센서 전압에 의거하여 상기 저온 1차 전압 생성 수단에 의해 생성된 전압의 저온측의 온도에 대해 고차의 차수를 가지는 전압을 생성하는 저온 고차 전압 생성 수단과, 상기 저온 1차 전압 생성 수단 및 저온 고차 전압 생성 수단으로부터 생성되는 전압을 합성하는 저온 전압 합성 수단을 구비하고, 상기 고온 제어 전압 발생부는 상기 제2 센서 전압에 의거하여 직선적으로 변화하는 전압을 생성하는 고온 1차 전압 생성 수단과, 상기 제1 센서 전압 및 상기 제2 센서 전압에 의거하여 상기 고온 1차 전압 생성 수단에 의해 생성된 전압의 고온측의 온도에 대해 고차의 차수를 가지는 전압을 생성하는 고온 고차 전압 생성 수단과, 상기 고온 1차 전압 생성 수단 및 고온 고차 전압 생성 수단으로부터 생성되는 전압을 합성하는 고온 전압 합성 수단을 구비한 것을 특징으로 한다.

<46> 본 발명은 더욱 정확한 고차의 전압을 생성하기 위해, 3종류의 센서 전압을 고차 전압 생성 수단(차동 증폭기)에 입력하여 고차 전류를 생성하고, 그 전류를 전압으로 변환하여, 1차 전압 생성 수단에 의한 전압과 합성함으

로써 제어 전압을 발생시키는 것이다.

- <47> 청구항 4는, 상기 저온 고차 전압 생성 수단 및 고온 고차 전압 생성 수단은, 고차의 차수를 가지는 전압의 차수를 변경 가능하게 한 것을 특징으로 한다.
- <48> 저온, 고온의 고차 전압 생성 수단은, 차동 증폭기에 의해 구성하는 경우, 차동 증폭기에 삽입된 저항기의 값을 변경함으로써 증폭율이 변화한다. 그 결과, 전류의 증폭율 커브가 변화하여, 결과적으로 온도에 대한 전류 특성이 변화하여, 외관상 고차의 차수를 변화시킬 수 있다.
- <49> 청구항 5는, 상기 저온 제어 전압 발생부는, 상온 부근보다 고온부에서 전압을 일정하게 한 전압을 생성하고, 상기 고온 제어 전압 발생부는, 상온 부근보다 저온부에서 전압을 일정하게 한 전압을 생성하는 것을 특징으로 한다.
- <50> 고온부의 MOS 버랙터는 저온에서는 주파수 감도가 없기 때문에, 제어 전압이 변동하여도 문제없다고 하고 있지만, 실제로는 약간 주파수 감도를 가지고 있어, 고온의 제어 전압(VH)은 저온부에서도 영향을 미친다. 따라서, 저온부와 고온부의 제어 전압이 서로 영향을 미치지 않도록 하기 위해, 저온부의 제어 전압을 상온 이상에서 일정치로 하고, 고온부의 제어 전압을 상온 이하에서 일정치로 하는 것이다.
- <51> 이하, 본 발명을 도면에 나타난 실시형태를 이용하여 상세하게 설명한다. 단, 이 실시 형태에 기재되는 구성요소, 종류, 조합, 형상, 그 상대 배치 등은 특정한 기제가 없는 한 이 발명의 범위를 그것에만 한정하는 것이 아니며, 단순한 설명에 불과하다.
- <52> 도 1은 본 발명의 제1 실시 형태에 관한 온도 보상형 압전 발전기의 일부를 구성하는 온도 보상 전압 발생 회로의 기능 블록도이다. 이 온도 보상 전압 발생 회로(110)는, 주위 온도에 의해 파라미터가 변화하는 온도 센서(온도 검출부; 81)와, 온도에 대해 직선적으로 변화하는 전압을 생성하는 고온 1차 전압 게인 조정 회로(고온 1차 전압 생성 수단; 82)와, 이 고온 1차 전압 게인 조정 회로(82)에 의해 생성된 전압의 고온측의 온도에 대해 고차의 차수를 가지는 전압을 생성하는 고온 고차 전압 게인 조정 회로(고온 고차 전압 생성 수단; 83)와, 고온 1차 전압 게인 조정 회로(82) 및 고온 고차 전압 게인 조정 회로(83)에 의해 생성되는 전압을 합성하는 합성 회로(고온 전압 합성 수단; 86)와, 온도에 대해 직선적으로 변화하는 전압을 생성하는 저온 1차 전압 게인 조정 회로(저온 1차 전압 생성 수단; 84)와, 이 저온 1차 전압 게인 조정 회로(84)에 의해 생성된 전압의 저온측의 온도에 대해 고차의 차수를 가지는 전압을 생성하는 저온 고차 전압 게인 조정 회로(저온 고차 전압 생성 수단; 85)와, 저온 1차 전압 게인 조정 회로(84) 및 저온 고차 전압 게인 조정 회로(85)에 의해 생성되는 전압을 합성하는 합성 회로(저온 전압 합성 수단; 87)를 구비하여 구성된다.
- <53> 도 2는 온도(temp)와 제어 전압(V)의 관계를 나타내는 도면이다. 본 발명의 제어 전압은 도 15에 나타내는 구성의 주파수 온도 보상 회로(61)를 제어하기 위한 것이며, 이하 동일하다. 도 2(a), (e)는 종래 기술에 의한 고온측 제어 전압과 저온측 제어 전압이고, 도 2(b), (f)는 본 발명에 의한 고온측 제어 전압과 저온측 제어 전압이다. 즉, 고온측의 제어 전압(VH)으로서, 고온 1차 전압 게인 조정 회로(82)에 의해 도 2(d)의 1차 전압(온도 상승에 대해, 1차 함수적인 상승을 나타내는 전압)을 생성하고, 고온 고차 전압 게인 조정 회로(83)에 의해 도 2(c)의 고차 전압(온도 상승에 대해 지수 함수적인 상승을 나타내는 전압)을 생성하고, 이러한 전압을 합성 회로(86)에 의해 합성하여 도 2(b)에 나타내는 바와 같이, VH는 온도가 고온측에서 1차 전압에 (i)와 같은 고차 전압(온도 상승에 대해 1차 함수+지수 함수적인 상승을 나타내는 전압)이 된다. 또, 저온측의 제어 전압(VL)으로서, 저온 1차 전압 게인 조정 회로(84)에 의해 도 2(h)의 1차 전압(온도 하강에 대해 1차 함수적인 상승을 나타내는 전압)을 생성하고, 저온 고차 전압 게인 조정 회로(85)에 의해 도 2(g)의 고차 전압(온도 하강에 대해 지수 함수적인 상승을 나타내는 전압)을 생성하고, 이러한 전압을 합성 회로(87)에 의해 합성하여 도 2(f)에 나타내는 바와 같이, 저온측의 제어 전압(VL)은 온도가 저온측에서 1차 전압에 (j)와 같은 고차 전압(온도 하강에 대해 1차 함수+지수 함수적인 상승을 나타내는 함수)이 합성되게 된다.
- <54> 도 3은 고온측의 제어 전압(VH), 저온측의 제어 전압(VL)의 발생원으로서 도 1의 온도 보상 전압 발생 회로(110)를 구비한 도 16에 나타내는 온도 보상형 수정 발전기의 온도 특성을 설명한 도면이다. 동 도(a)에 나타내는 실선(13)은 수정 진동자(X)의 주파수 온도 특성을 나타내고, 파선(12)은 온도 보상 전압 발생 회로(110)에 의한 주파수 제어의 특성을 나타낸다. 이 도면으로부터 명확한 바와 같이, 수정 진동자(X)의 주파수 온도 특성의 곡선 부분을 엄밀하게 온도 보상할 때, MOS 버랙터의 용량-1차 전압 특성에 의거한 주파수 제어량에서는 주파수 제어량에 부족분이 발생되어 버리는 곳을 온도 보상 전압 발생 회로(110)에서는, 상술한 고차 전압을 이용하여 보상 전압의 가변량을 제어함으로써 그 부족분을 보충할 수 있기 때문에, 동 도(a)에 나타내는 바와 같이

수정 진동자(X)의 주파수 온도 특성(13)을 상쇄하기에 충분한 주파수 제어 특성(12)이 얻어지고, 시뮬레이션에 의한 결과에 의하면, 온도 보상 후의 온도 특성의 정밀도는  $\pm 0.5\text{ppm}$  범위 내가 되어, 주파수 안정도가 높은 TCXO가 얻어졌다.

<55> 도 1에 나타내는 주파수 온도 보상 회로의 경우에는, 도 2(b), (f)에 나타내는 바와 같이, 전체 온도 범위에서 고온측의 제어 전압(VH)과 저온측의 제어 전압(VL)이 가변하는 것이기 때문에, 예를 들어  $25^{\circ}\text{C}$  이하의 저온측의 온도 범위에서도, 고온측 MOS 버랙터(MH)의 가변 용량 특성이 전압 변화에 대해 약간 감도 특성을 가짐으로써 고온측의 제어 전압(VH)의 전압의 변화에 의한 영향이 미약하게나마 발생되어 버리지만, 해당 고온측의 제어 전압(VH)의 가변에 의해 발생한 주파수 변동을 가미하여 저온 고차 전압 게인 조정 회로를 설정하면, 수정 진동자(X) 이외의 영향에 의한 주파수 온도 특성에 대해서도 저온측의 제어 전압(VL)에 의한 주파수 제어에 의해 보상할 수 있다.

<56> 즉, 고온측의 제어 전압(VH)에 의한 주파수 제어를 필요로 하는 온도 범위가 상온 이상이고, 도 2(b)에 나타내는 바와 같이 상온시의 고온측의 제어 전압(VH)의 값이  $V1' = V1 + V_{\text{ref}}$  인 경우, 도 3(c)에 나타내는 고온측 보상용의 MOS 버랙터(MH)의 전압-용량 특성이 전압(V1) 이하인 범위에서 일정치인 이상적인 것이면, 상온 이하의 온도 범위에서 고온측의 제어 전압(VH)이 변동하는 것이라 하더라도, MOS 버랙터(MH)의 용량은 전압(V1) 이하의 전압 범위(전압(V1) 이하가 되는 온도 범위)에서 변화하지 않기 때문에 저온시에서의 고온측의 온도 보상 전압(VH)의 가변에 의한 영향은 없지만, 실제의 MOS 버랙터의 전압-용량 특성에서는, 전압(V1)의 부근에서도 미약하게나마 용량 변화 특성(도 3(c)에 나타내는  $\Delta c$ )을 가지므로 저온시에서도 고온측의 제어 전압(VH)의 전압 변화에 의한 주파수의 가변이 약간 일어난다.

<57> 따라서, 이 경우, 저온시이면, 수정 진동자(X)의 주파수 온도 특성 이외에, 고온측의 제어 전압(VH)의 가변에 의해 발생한 주파수 변동도 보상하는 것을 가미하여 저온 고차 전압 게인 조정 회로를 설정하고, 또한 고온시에서는, 저온측의 제어 전압(VL)의 가변에 의해 발생한 주파수 변동을 보상하는 것을 가미하여 고온 고차 전압 게인 조정 회로를 설정함으로써 TCXO의 주파수 온도 특성을 고안정의 것으로 할 수 있다.

<58> 도 4(A)는 본 발명의 다른 실시예의 주파수 온도 보상 회로의 기능 블록도이고, 도 4(k)(m)은 도 4(A)에 나타내는 온도 보상 전압 발생 회로(100)의 합성 회로(6, 7)의 출력 특성으로서 온도(temp)와 제어 전압(V)의 관계를 나타내는 도면이다. 도 4(b), (f)는 도 2(b), (f)에 나타낸 합성 회로(6, 7)의 출력 특성을 나타내는 것이며, 도 4(k)는 고온 클립 전압(8)과 다이오드(10)에 의해 상온 부근으로부터 저온측을 클립한 제어 전압의 특성을 나타내고, 도 4(m)는 저온 클립 전압(9)과 다이오드(11)에 의해 상온 부근으로부터 고온측을 클립한 제어 전압의 특성을 나타내는 도면이다.

<59> 도 4(A)는 본 발명의 제2 실시형태에 관한 온도 보상형 압전 발진기에 공급하는 보상 전압을 발생하는 온도 보상 전압 발생 회로의 변형 기능 블록도이다. 이 온도 보상 전압 발생 회로(100)는, 주위 온도에 의해 파라미터가 변화하는 온도 센서(온도 검출부; 1)와, 온도에 대해 직선적으로 변화하는 전압을 생성하는 고온 1차 전압 게인 조정 회로(고온 1차 전압 생성 수단; 2)와, 이 고온 1차 전압 게인 조정 회로(2)에 의해 생성된 전압의 고온측의 온도에 대해 고차의 차수를 가지는 전압을 생성하는 고온 고차 전압 게인 조정 회로(고온 고차 전압 생성 수단; 3)와, 고온 1차 전압 게인 조정 회로(고온 전압 합성 수단; 6)와, 합성 회로(6)의 출력을 소정의 레벨로 클립하는 고온 클립 전압(발생 회로; 8)과, 다이오드(10)와, 온도에 대해 직선적으로 변화하는 전압을 생성하는 저온 1차 전압 게인 조정 회로(저온 1차 전압 생성 수단; 4)와, 이 저온 1차 전압 게인 조정 회로(4)에 의해 생성된 전압의 저온측의 온도에 대해 고차의 차수를 가지는 전압을 생성하는 저온 고차 전압 게인 조정 회로(저온 고차 전압 생성 수단; 5)와, 저온 1차 전압 게인 조정 회로(4) 및 저온 고차 전압 게인 조정 회로(5)에 의해 출력되는 전압을 합성하는 합성 회로(저온 전압 합성 수단; 7)와, 합성 회로(7)의 출력을 소정의 레벨로 클립하는 저온 클립 전압(발생 회로; 9)과, 다이오드(11)를 구비하여 구성된다.

<60> 다음으로, 도 4(A)에 나타내는 온도 보상 전압 발생 회로(100)의 동작에 대해 설명한다.

<61> 도 4(A)에 나타내는 온도 보상 전압 발생 회로(100)에서의 고온 1차 전압 게인 조정 회로(2)는, 온도 센서(1)의 온도 정보를 받아 도 2(d)에 나타내는 1차 함수 전압을 출력하고, 또 고온 고차 전압 게인 조정 회로(3)는, 온도 센서(1)의 온도 정보를 받아 도 2(c)에 나타내는 고온용 고차 함수 전압을 출력한다.

<62> 또한, 합성 회로(6)는, 고온 1차 전압 게인 조정 회로(2)의 출력 전압과 고온 고차 전압 게인 조정 회로(3)의 출력 전압을 합성하고, 도 4(b)에 나타내는 출력 전압(VH')을 출력한다.

<63> 이때 출력 전압(VH')은, 상온에서 전압치가  $V1'$  이고, 상온 이하에서는 온도의 저하에 따라 1차 함수적으로 전

압치가 저하하고, 또 상온 이상에서는, 온도의 상승에 따라 지수 함수적으로 상승하는 부분을 가지는 변화 특성을 나타내는 것이다.

- <64> 그리고, 고온 클립 전압(발생 회로; 8)의 출력 전압의 값을  $V1'$  의 값으로 설정함으로써, 합성 회로(6)의 출력 전압의 값이  $V1'$  보다 낮은 상태(상온보다 저온의 조건)에서는, 다이오드(10)의 단자 간에 순(順) 바이어스이기 때문에 고온 클립 전압(발생 회로; 8)의 출력 전압의 값( $V1'$ )이 고온측의 제어 전압( $VH$ )의 값이 된다.
- <65> 따라서, 고온측의 제어 전압( $VH$ )의 값은, 도 4(k)에 나타내는 바와 같이 상온 이하의 온도 범위에서는  $V1$ 이고, 상온 이상의 온도 범위에서는, 상온으로부터 원하는 온도까지 1차 함수적으로 상승하고 또한 원하는 온도로부터 더 고온에 걸쳐 지수 함수적인 전압 상승 특성을 나타내는 것이 된다.
- <66> 한편, 도 4(A)에 나타내는 온도 보상 전압 발생 회로(100)에서의 저온 1차 전압 게인 조정 회로(4)는, 온도 센서(1)의 온도 정보를 받아 도 2(h)에 나타내는 1차 함수 전압을 출력하고, 또 저온 고차 전압 게인 조정 회로(5)는, 온도 센서(1)의 온도 정보를 받아 도 2(g)에 나타내는 저온용 고차 함수 전압을 출력한다.
- <67> 또한, 합성 회로(7)는, 저온 1차 전압 게인 조정 회로(4)의 출력 전압과 저온 고차 전압 게인 조정 회로(5)의 출력 전압을 합성하고, 도 4(f)에 나타내는 출력 전압( $VL'$ )을 출력한다.
- <68> 이때 출력 전압( $VL'$ )은, 상온에서 전압치가  $V2'$  이고, 상온 이상에서는 온도의 상승에 따라 1차 함수적으로 전압치가 저하하고, 또 상온 이하에서는 온도의 저하에 따라 지수 함수적으로 상승하는 부분을 가지는 변화 특성을 나타내는 것이다.
- <69> 그리고, 저온 클립 전압(발생 회로; 9)의 출력 전압의 값을  $V2'$  의 값으로 설정함으로써, 합성 회로(7)의 출력 전압의 값이  $V2'$  보다 높은 상태(상온보다 고온의 조건)에서는, 다이오드(11)의 단자 간에 순(順) 바이어스이기 때문에 저온 클립 전압(발생 회로; 9)의 출력 전압의 값( $V2'$ )이 고온측의 제어 전압( $VL$ )의 값이 된다.
- <70> 따라서, 저온측의 제어 전압( $VL$ )의 값은, 도 4(m)에 나타내는 바와 같이 상온 이상의 온도 범위에서는  $V2'$  이고, 상온 이하의 온도 범위에서는, 상온으로부터 원하는 온도까지 1차 함수적으로 상승하고, 또한 원하는 온도로부터 더 저온에 걸쳐 지수 함수적인 전압 상승 특성을 나타내는 것이 된다.
- <71> 이는 상술한 바와 같이, 예를 들어 저온 상태에서는 MOS 버랙터(MH)에 의한 온도 보상을 필요로 하지 않기 때문에, MOS 버랙터(MH)의 단자간 전압  $V1 = VH - V_{ref}$ 를 도 4(B)에 나타내는 바와 같이 MOS 버랙터의 전압-용량 특성이 안정된 포인트가 되도록 설정하지만, 이 전압-용량 특성이 안정된 포인트라 하더라도 실제로는 약간의 전압 감도 특성을 가지고 있다.
- <72> 따라서, 도 1에 나타내는 실시예에서는, 이러한 MOS 버랙터(MH)가 원하지 않는 전압 감도 특성에 의한 주파수 변동과, 저온측의 온도 보상 기능으로 대응했지만, 도 4(A)에 나타내는 실시예에서는, 고온부의 제어 전압( $VH$ )을 상온 이하에서 일정치로 함으로써, 저온에서의 고온부의 제어 전압의 영향도를 감소시킬 수 있으므로, 저온시에는 저온측의 온도 제어에 조정 공정 등을, 또 고온시이면 고온측의 온도 제어에서의 조정 공정 등을 간략화할 수 있다.
- <73> 도 5(d)는 도 4(A)에 나타내는 온도 보상 전압 발생 회로(100)를 구비한 TCXO의 보상 특성을 컴퓨터 시뮬레이션한 결과를 나타내는 도면이고, 도 5(b)는, 종래의 온도 보상 회로를 구비한 TCXO의 주파수 온도 특성을 컴퓨터 시뮬레이션한 결과이다. 이 도면으로부터 명확한 바와 같이, 도 5(b)의 종래의 온도 보상 회로에 의한 것에서는,  $-30^{\circ}\text{C} \sim +85^{\circ}\text{C}$ 의 범위에서  $\pm 2\text{ppm}$  내로 변동하는 데 대해, 본 발명에서는, 도 5(d)와 같이 동일한 온도 범위 내에서  $\pm 0.5\text{ppm}$  내에 주파수 편차량이 들어가므로, 높은 주파수 안정도가 얻어지는 것을 알 수 있다.
- <74> 또한, 도 5(a), (c)는, 온도 보상해야 할 수정 진동자(X)의 주파수 온도 특성이다.
- <75> 도 6은 본 발명의 제3 실시형태에 관한 온도 보상형 압전 발진기의 일부를 구성하는 온도 보상 전압 발생 회로의 기능 블록도이다. 이 주파수 온도 보상 회로(200)는, 주위 온도의 변화에 대응한 전기적 신호를 출력하는 온도 센서(온도 검출부; 21)와, 온도 센서(21)의 온도 검지 정보에 의거하여 온도에 대하여 비례 관계가 되도록 직선적으로 변화하는 전압을 생성하는 제1 고온 1차 전압 게인 조정 회로(제1 고온 1차 전압 생성 수단; 24)와, 온도 센서(21)의 온도 검지 정보에 의거하여 온도 상승에 대하여 비례 관계가 되도록 직선적으로 변화하는 전압을 생성하는 제2 고온 1차 전압 게인 조정 회로(제2 고온 1차 전압 생성 수단; 23)와, 제2 고온 1차 전압 게인 조정 회로(23)의 소정의 온도 이하의 범위의 전압을 다이오드(28)를 통하여 클립하는 제2 고온 전압 게인 클립 전압(제2 고온 1차 전압 생성 수단; 22)과, 제1 고온 1차 전압 게인 조정 회로(24)의 출력 전압을 제2 고온 1차 전압 생성 수단(22)에 의해 제어된 제2 고온 1차 전압 게인 조정 회로(23)의 출력 전압을 합성하는 고온 합성

회로(고온 전압 합성 수단; 31)와, 원하는 온도 이하의 범위에서 고온 합성 회로(31)의 출력을 다이오드(34)를 통하여 소정의 레벨로 클립하는 고온 클립 전압 발생부(30)와, 온도 상승에 대하여 반비례 관계가 되도록 직선적으로 변화하는 전압을 생성하는 제1 저온 1차 전압 게인 조정 회로(제1 저온 1차 전압 생성 수단; 25)와, 온도 상승에 대하여 반비례 관계가 되도록 직선적으로 변화하는 전압을 생성하는 제2 저온 1차 전압 게인 조정 회로(제2 저온 1차 전압 생성 수단; 26)와, 제2 저온 1차 전압 게인 조정 회로(26)의 소정의 온도 이상의 범위의 전압을 다이오드(29)를 통하여 클립하는 제2 저온 전압 게인 클립 전압(제2 저온 1차 전압 생성 수단; 27)과, 제1 저온 1차 전압 게인 조정 회로(25)의 출력 전압과 제2 저온 1차 전압 생성 수단(27)에 의해 제어된 제2 저온 1차 전압 게인 조정 회로(26)의 출력 전압을 합성하는 저온 합성 회로(저온 전압 합성 수단; 32)와, 다이오드(35)를 통하여 저온 합성 회로(32)의 출력을 소정의 레벨로 클립하는 저온 클립 전압(33)을 구비한 구성이다.

<76>

도 7은 도 6의 기능 블록도의 제1 고온 1차 전압 게인 조정 회로(24)의 출력 전압(A)과, 제2 고온 1차 전압 생성 수단(22)에 의해 제어된 제2 고온 1차 전압 게인 조정 회로(23)의 출력 전압(B)과, 고온 합성 회로(31)의 출력 전압(vh)과, 고온 클립 전압 발생부(30)에 의해 제어된 고온 합성 회로(31)의 출력 전압(VH)의 각 온도 변화에 대한 전압 특성 곡형을 나타내는 도면이다. 도 7(a)의 출력 전압(A)은, 상술한 바와 같이, 온도 상승에 대하여 비례 관계가 되도록 직선적으로 증가하는 전압이다. 출력 전압(B)은, 제2 고온 1차 전압 게인 조정 회로(23)로부터의 전체 사용 온도에 걸쳐 1차 함수의 상승 특성을 나타내는 출력 전압을, 제2 고온 전압 게인 클립 전압(22)과 다이오드(28)에 의해  $TA^{\circ}C$  ( $TA > 25$ ) 이하의 범위에서, 제2 고온 1차 전압 생성 수단(22)의 출력 전압치에 클립한 전압 특성이다. 도 7(b)에 나타내는 출력 전압(vh)은 도 7(a)에 나타내는 출력 전압(A)과 출력 전압(B)을 합성한 전력 특성이기 때문에  $TA^{\circ}C$  이상은 출력 전압(A)의 1차 함수 특성과 출력 전압(B)의 1차 함수 특성의 합의 전압 특성이고,  $TA^{\circ}C$  이하에서는, 출력 전압(A)의 1차 함수 특성과 출력 전압(B)의 0차 함수 특성의 합의 전압 특성이다. 도 7(c)에 나타내는 전압(VH)은 전압(vh)의,  $25^{\circ}C$  이하의 범위에서의 전압을 고온 클립 전압 발생부(30)의 출력 전압치에 클립한 것이다. 저온부는, 제2 저온 1차 전압 생성 수단(27)에 의한 클립 제어  $25^{\circ}C$  미만의 온도점(TB) 이하의 범위이며, 전압(VI)은 도 7(d)에 나타내는, 전압(VL)은 도 7(e)에 나타내는 전압 특성을 나타내므로 설명을 생략한다.

<77>

도 9(a)는 도 6에 나타내는 온도 보상 전압 발생 회로(200)를 구비한 TCXO의 주파수 온도 특성을 나타내는 도면이다. 실선(41)은 수정 진동자(X)의 주파수 온도 특성을 나타내고, 파선(42)은 온도 보상 전압 발생 회로(200)와 MOS 버퍼에 의한 주파수 가변 특성을 나타낸다. 이 도면에서 명확한 바와 같이, 온도 보상 전압 발생 회로(200)는 출력 전압 특성을 복수의 온도 범위로 구획하여 조정할 수 있으므로, 수정 진동자(X)의 주파수 온도 특성을 보상하기 위한 파선(42)에 나타내는 주파수 가변 특성을 효율적으로 조정하는 것이 가능하고, 이 결과 온도 보상 후의 온도 특성의 정밀도를  $\pm 0.5ppm$  이내로 안정시킬 수 있다.

<78>

또한, 도 9(b)는 본 발명의 제2 실시 형태에 의한 온도 보상 전압 발생 회로(200)를 구비한 TCXO의 보상 특성의 컴퓨터 시뮬레이션의 결과를 나타내는 도면이고, 도 16(b)은 종래의 온도 보상 전압에 의해 주파수 온도 보정한 TCXO의 주파수 온도 특성의 컴퓨터 시뮬레이션의 결과를 나타내는 도면이다. 이 도면에서 명확한 바와 같이, 도 16(b)의 온도 보상 결과는  $\pm 2ppm$  내에서 변동하는 데 비해, 본 발명에서는 도 9(b)와 같이 주파수 편차가  $\pm 0.5ppm$  내에 들어가 있어, 개선되었다는 것을 알 수 있다.

<79>

도 11은 본 발명의 제4 실시 형태에 관한 온도 보상형 압전 발진기에 공급하는 제어 전압을 발생하기 위한 온도 보상 전압 발생 회로의 기능 블록도이다. 이 온도 보상 전압 발생 회로(300)는, 주위 온도에 의해 파라미터가 변화함으로써 제1 ~ 제3 센서 전압(A, B, C)을 발생하는 온도 센서(온도 검출부; 51)와, 제2 센서 전압 B에 의거하여 온도 상승에 대하여 비례 관계가 되는 직선적으로 변화하는 전압을 생성하는 고온 1차 전압 게인 조정 회로(고온 1차 전압 생성 수단; 54)와, 제1 센서 전압(A) 및 제2 센서 전압(B)을 입력 전압으로서 고온측에서의 온도 상승에 대하여 고차의 차수를 가지는(지수 함수적인 증가 특성을 나타낸다) 전류를 출력하는 고온 고차 전류 발생 회로(고온 고차 전류 생성 수단; 52)와, 이 출력 전류를 전압으로 변환하는 게인 조정 회로(고온 고차 전압 생성 수단; 53)와, 고온 1차 전압 게인 조정 회로(54) 및 게인 조정 회로(53)의 출력 전압을 합성하는 고온 합성 회로(고온 전압 합성 수단; 58)와, 고온 합성 회로(58)의 출력 전압을 다이오드(61)를 통하여 소정의 레벨로 클립하는 고온 클립 전압 발생 회로(60)와, 제2 센서 전압(B)에 의거하여 온도 상승에 대하여 반비례 관계가 되는 직선적으로 변화하는 전압을 생성하는 저온 1차 전압 게인 조정 회로(저온 1차 전압 생성 수단; 55)와, 제3 센서 전압(C) 및 제2 센서 전압(B)을 입력 전압으로서 저온측에서의 온도 강하에 대하여 고차의 차수를 가지는(지수 함수적으로는 증가 특성을 나타낸다) 전류를 출력하는 저온 고차 전류 발생 회로(저온 고차 전류 생성 수단; 56)와, 이 출력 전류를 전압으로 변환하는 게인 조정 회로(저온 고차 전압 생성 수단; 57)와, 저온

1차 전압 게인 조정 회로(55) 및 게인 조정 회로(57)의 출력 전압을 합성하는 저온 합성 회로(저온 전압 합성 수단; 59)와, 저온 합성 회로(59)의 출력 전압을 소정의 레벨로 다이오드(63)를 통하여 클립하는 저온 클립 전압(62)을 구비한 구성이다.

<80> 도 12(a)는 온도 센서(51)의 온도에 대한 센서 전압(A, B, C)의 일례를 나타내는 도면이고, 도 12(b)는 각 센서 전압을 발생하는 온도 센서(온도 검출부; 51)의 일례를 나타내는 회로도이다.

<81> 온도 센서(51)는, 센서(65)로서의 다이오드 소자의 애노드단(端)을 저항을 통하여 연산 증폭기(operational amplifier; 66)의 반전 입력 단자에 접속하는 동시에, 해당 다이오드 소자의 캐소드단을 접지하고, 증폭기(66)의 비반전 입력단에 기준 전압 발생 회로(70)의 출력단을 접속하고, 증폭기(66)의 출력단과 반전 입력단을 귀환 저항을 통하여 접속하는 동시에, 증폭 회로(66)의 출력단에 다이오드(D2)의 애노드단을 접속하고, 다이오드(D2)의 캐소드단을 저항(R1)과 저항(R2)으로 이루어진 직렬 회로를 통하여 접지하고, 저항(R1)과 저항(R2)의 접속점을 제1 센서 전압(A)의 출력 단자(A)로 하여, 증폭 회로(66)의 출력단에 저항(R3)의 일단을 또 접속하고, 저항(R3)의 타단과 접지 사이에 2개의 다이오드(D3)의 순방향 접속이 되도록 직렬 접속하고, 다이오드(D3)와 저항(R3)의 접속점을 제2 센서 전압(B)의 출력 단자(B)로 하여, 증폭기(66)의 출력단에 저항(R4)의 일단을 또 접속하고, 저항(R4)의 타단에 저항(R5)의 일단을 접속하고, 저항(R5)의 타단과 접지 사이에 다이오드(D1)를 순방향 접속하고, 저항(R4)과 저항(R5)의 접속점을 제3 센서 전압(C)의 출력 단자(C)로 하도록 구성한 것이다.

<82> 이하, 온도 센서(51)의 동작에 대해 설명한다.

<83> 도 12에 나타내는 센서(65)는, 다이오드 소자이기 때문에, 센서(65)에 흐르는 전류가 온도의 상승에 따라 반비례 관계가 되는 1차 함수적으로 저하하도록 동작하기 때문에, 증폭기(66)의 반전 입력단에는 온도의 상승에 따라 반비례 관계가 되는 1차 함수적으로 강하하는 전압(적어도 사용 온도 범위 내에서는 반전 입력단에 인가되는 전압의 절대치는 기준 전압치보다 작다)이 인가되고, 이에 따라 증폭기(66)의 출력단에는 온도의 상승에 따라 비례 관계가 되는 1차 함수적으로 상승하는 특성을 나타내는 출력 전압이 발생한다.

<84> 그리고, 단자(A)에는 다이오드(D2)와 저항(R1)과의 직렬 회로와 저항(R2)과의 분압비에 의거하는 전압이 발생하고, 단자(B)에는 저항(R3)과 다이오드(D3)와의 분압비에 의거하는 전압이 발생하고, 단자(C)에는 저항(5)과 다이오드(D1)와의 직렬 회로와 저항(4)과의 분압비에 의거하는 전압이 발생한다.

<85> 이때 다이오드(D2, D1)에 대해서는, 온도 상승에 따라 단자간 전류가 감소하도록 동작하는(다이오드(D2, D1)의 단자 간의 임피던스가 커지는) 다이오드 소자 특유의 온도 특성을 이용함으로써, 예를 들면 온도 변화에 따라 다이오드(D2)와 저항(R1)과의 직렬 회로와 저항(R2)과의 저항비를 온도 변화에 따라 변동시켜, 이에 따라 증폭기(66)의 출력 전압(센서 전압(A))의 변동 특성(변동률)을 미세조정하기 위해 구비한 것이지만, 저항의 설정 조건만으로 조정 가능한 경우는, 특별히 필요로 하지 않아도 상관없다.

<86> 한편, 다이오드(D3)에 대해서는, 온도 상승에 따라 출력 단자(B)의 전위를 급격하게 강하시키도록, 예를 들면 복수의 다이오드를 직렬 접속한 것이기 때문에 그 다이오드의 접속수를 적절히 설정함으로써 도 12(a)에 나타내는 온도 상승에 대해 전압 변화율이 음의 기울기를 가지는 센서 전압(B)을 출력 단자(B)에서 얻을 수 있다.

<87> 그리고, 저항(R1~R5)과 다이오드(D1~D3) 및 기타 회로 소자를 적절히 설정하면, 도 12(a)에 나타내는 바와 같이 25℃ 미만의 온도(TL)에서 센서 전압(B)과 센서 전압(C)의 값이 일치하고, 25℃보다 고온의 온도(TH)에서 센서 전압(A)과 센서 전압(B)의 값이 일치하는 센서 전압(A, B, C)을 얻을 수 있다.

<88> 도 13은 도 11의 고온 고차 전류 발생 회로(52)와 저온 고차 전류 발생 회로(56)의 회로도이다. 도 12(a)를 참조하여 설명한다. 고온 고차 전류 발생 회로(52)는, 고온측에서는 센서 전압(A, B)을 이용한다. 상온보다 저온부에서는 전압(A)보다 전압(B)가 훨씬 크기 때문에 저항(R4)측에는 전류가 흐르지 않아, 출력 전류 15thH는 제로이다. 온도가 상승함에 따라 센서(A), 센서(B) 간의 전위차는 없어지고, 저항(R4)측에 전류가 흐르기 시작하여, 고온 고차 전류 발생 회로(52)의 출력 전류 15thH가 발생한다. 이때 발생하는 전류는 상온 부근을 중심으로 고차의 함수로서 근사할 수 있다. 또, 센서(A), 센서(B)의 전압이 동일해지는 온도(TH)가 온도 보상 범위의 고온측의 단(端)이 되도록 조정을 행한다. 저온측에 대해서도 고온측과 동일하게 동작하여, 센서(B), 센서(C)의 교점(TL)은 온도 보상 범위의 저온측의 단이 되도록 조정을 행한다. 여기서 저항(R1~R4)의 저항치를 변화시킴으로써, 온도에 대한 전류 특성이 변화하여, 외관상 함수의 차수가 변화한 것처럼 보이므로, 이 저항 변화에 의해 고차 차수를 조정할 수 있다. 이에 의해, MOS형 버랙터의 특성을 수정 진동자의 특성으로 미세조정할 수 있다.

<89> 도 14는 고온 고차 전류의 차수 조정 후의 특성예를 나타내는 도면이다. 이 도면에서 알 수 있듯이, 저항

(R1~R4)의 저항값을 변화시킴으로써, 온도에 대한 전류 특성(71)이 변화하여, 외관상 함수의 차수가 변화한 것처럼 보인다. 이 도면에서는 화살표의 방향으로 변화하면 외관상 차수가 작아지는 것을 나타내고 있다.

### 발명의 효과

- <90> 청구항 1의 발명에 의하면, 저온과 고온시의 각각의 1차 제어 전압에 고차의 차수의 제어 전압을 합성하여 저온 제어 전압, 고온 제어 전압을 생성하므로, MOS형 버랙터의 특성을 수정 진동자의 특성에 근접시킬 수 있다.
- <91> 또 청구항 2에서는, 1차의 제어 전압을 2종류 준비하고, 그것들을 합성하여 저온 제어 전압, 고온 제어 전압을 생성하므로, 제어가 간략화되는 동시에, MOS형 버랙터의 특성을 수정 진동자의 특성에 근접시킬 수 있다.
- <92> 또 청구항 3에서는, 온도 센서로부터 발생하는 센서 전압을 3종류 준비하고, 그들의 조합에 의거하여 저온, 고온시의 1차 제어 전압과 고차의 차수의 전압을 생성하여 합성함으로써, 저온부와 고온부의 제어 전압을 생성하므로, MOS형 버랙터의 특성을 수정 진동자의 특성에 더욱 근접시킬 수 있다.
- <93> 또 청구항 4에서는, 저온 고차 전압 생성 수단 및 고온 고차 전압 생성 수단은, 고차의 차수를 가지는 전압의 차수를 변경가능하게 했기 때문에, 차수를 외부로부터 조절할 수 있고, MOS형 버랙터의 특성을 수정 진동자의 특성으로 미세조정할 수 있다.
- <94> 또 청구항 5에서는, 저온부의 제어 전압을 상온 이상에서 일정치로 하고, 고온부의 제어 전압을 상온 이하에서 일정치로 하기 때문에, 저온부와 고온부의 제어 전압의 영향도를 감소시킬 수 있다.

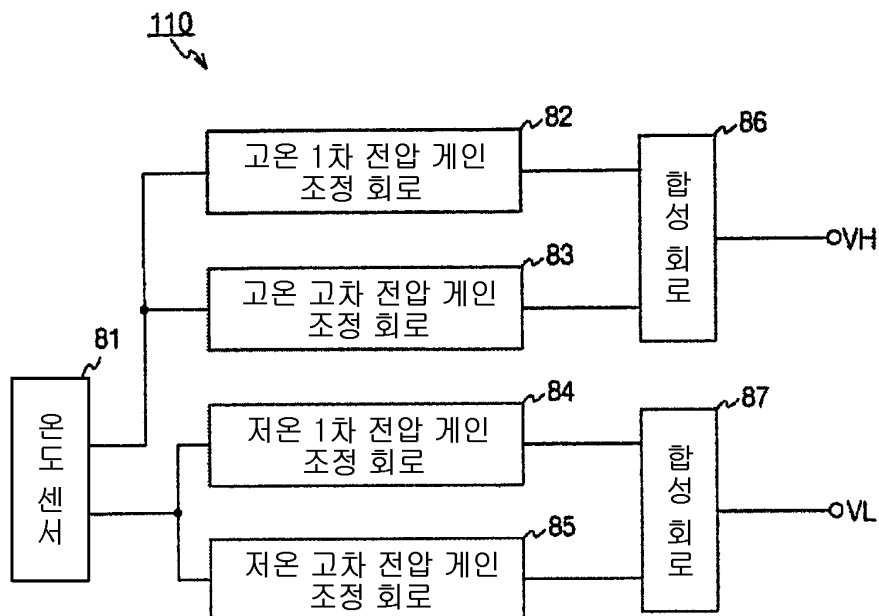
### 도면의 간단한 설명

- <1> 도 1은 본 발명의 제1 실시형태에 관한 온도 보상형 압전 발진기의 일부를 구성하는 온도 보상 전압 발생 회로의 기능 블록도,
- <2> 도 2는 (a)~(h)는 온도(temp)와 제어 전압(V)의 관계를 나타내는 도면,
- <3> 도 3은 (a)~(c)는 도 2의 온도 보상 전압 발생 회로(100)의 온도 특성을 나타내는 도면,
- <4> 도 4는 (b) (f) (k) (m)은 도 3의 합성 회로(6, 7)의 출력을 더욱 개선한 온도(temp)와 제어 전압(V)의 관계를 나타내는 도면, (A)는 본 발명의 제1 실시형태에 관한 온도 보상형 압전 발진기의 일부를 구성하는 주파수 온도 보상 회로의 변형 기능 블록도, (B)는 MOS 버랙터의 전압-용량 특성을 나타내는 도면,
- <5> 도 5는 (a)~(d)는 본 발명의 제1 실시형태에 의한 온도 보상 전압 발생 회로(100)의 보상 특성을 컴퓨터 시뮬레이션에 의해 계산한 결과를 나타내는 도면,
- <6> 도 6은 본 발명의 제2 실시 형태에 관한 온도 보상형 압전 발진기의 일부를 구성하는 온도 보상 전압 발생 회로의 기능 블록도,
- <7> 도 7은 (a)~(e)는 도 6의 기능 블록도의 전압 A, B, v<sub>h</sub>, V<sub>H</sub>의 각 파형을 나타내는 도면,
- <8> 도 8은 (a)~(d)는 도 6의 온도 보상형 압전 발진기(200)의 온도 특성을 나타내는 도면,
- <9> 도 9는 본 발명의 제2 실시 형태에 의한 주파수 온도 보상 회로(200)의 보상 특성을 컴퓨터 시뮬레이션에 의해 계산한 결과를 나타내는 도면,
- <10> 도 10은 (b) (e) (d) (f)는 도 6의 합성 회로(31, 32)의 출력을 더욱 개선한 온도(temp)와 제어 전압(V)의 관계를 나타내는 도면,
- <11> 도 11은 본 발명의 제3 실시 형태에 관한 온도 보상형 압전 발진기의 일부를 구성하는 온도 보상 전압 발생 회로의 기능 블록도,
- <12> 도 12는 (a)는 온도 센서(51)의 센서 출력 전압의 일례를 나타내는 도면, (b)는 각 센서 전압을 발생하는 회로의 일례를 나타내는 도면,
- <13> 도 13은 도 11의 고온 고차 전류 발생 회로(52)와 저온 고차 전류 발생 회로(56)의 동작을 설명하는 도면,
- <14> 도 14는 고온 고차 전류의 차수 조정 후의 특성예를 나타내는 도면,
- <15> 도 15는 (a) (b)는 동일 출원인에 의해 특허 문헌 1로서 출원된 온도 보상형 압전 발진기의 회로도,

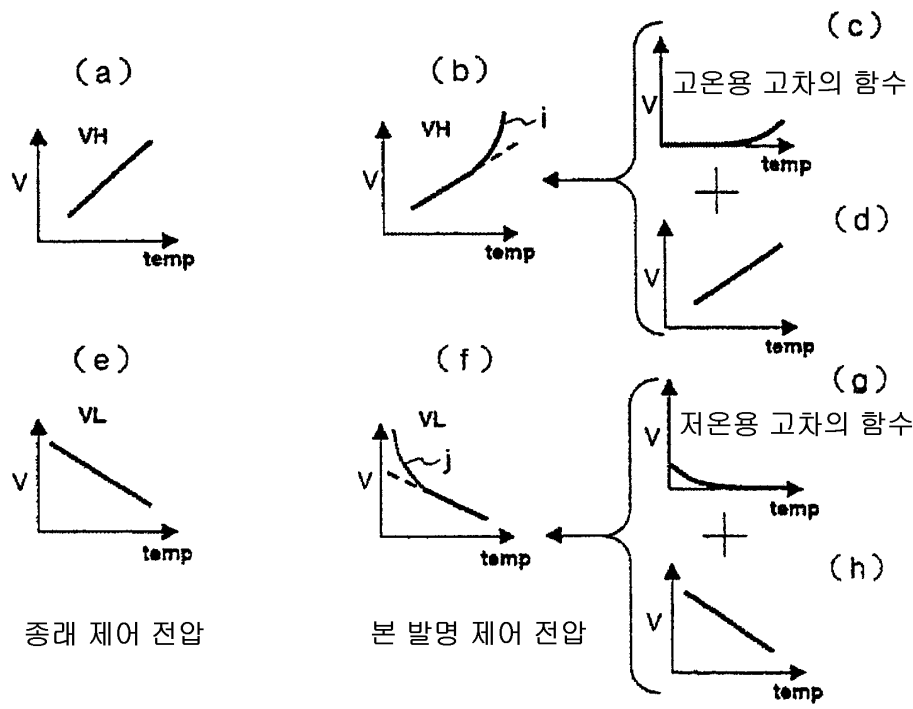
<16> 도 16은 도 15의 온도 보상형 압전 발진기의 온도 특성을 나타내는 도면,  
 <17> 부호의 설명  
 <18> 1 : 온도 센서    2 : 고온 1차 전압 게인 조정 회로  
 <19> 3 : 고온 고차 전압 게인 조정 회로      4 : 저온 1차 전압 게인 조정 회로  
 <20> 5 : 저온 고차 전압 게인 조정 회로      6 : 합성 회로  
 <21> 7 : 합성 회로    8 : 고온 클립 전압  
 <22> 9 : 저온 클립 전압                                10 : 다이오드  
 <23> 11 : 다이오드                                         81 : 온도 센서(온도 검출부)  
 <24> 82 : 고온 1차 전압 게인 조정 회로(고온 1차 전압 생성 수단)  
 <25> 83 : 고온 고차 전압 게인 조정 회로(고온 고차 전압 생성 수단)  
 <26> 84 : 저온 1차 전압 게인 조정 회로(저온 1차 전압 생성 수단)  
 <27> 85 : 저온 고차 전압 게인 조정 회로(저온 고차 전압 생성 수단)  
 <28> 86 : 합성 회로(고온 전압 합성 수단)  
 <29> 87 : 합성 회로(저온 전압 합성 수단)  
 <30> 100 : 온도 보상 전압 발생 회로      110 : 온도 보상 전압 발생 회로

도면

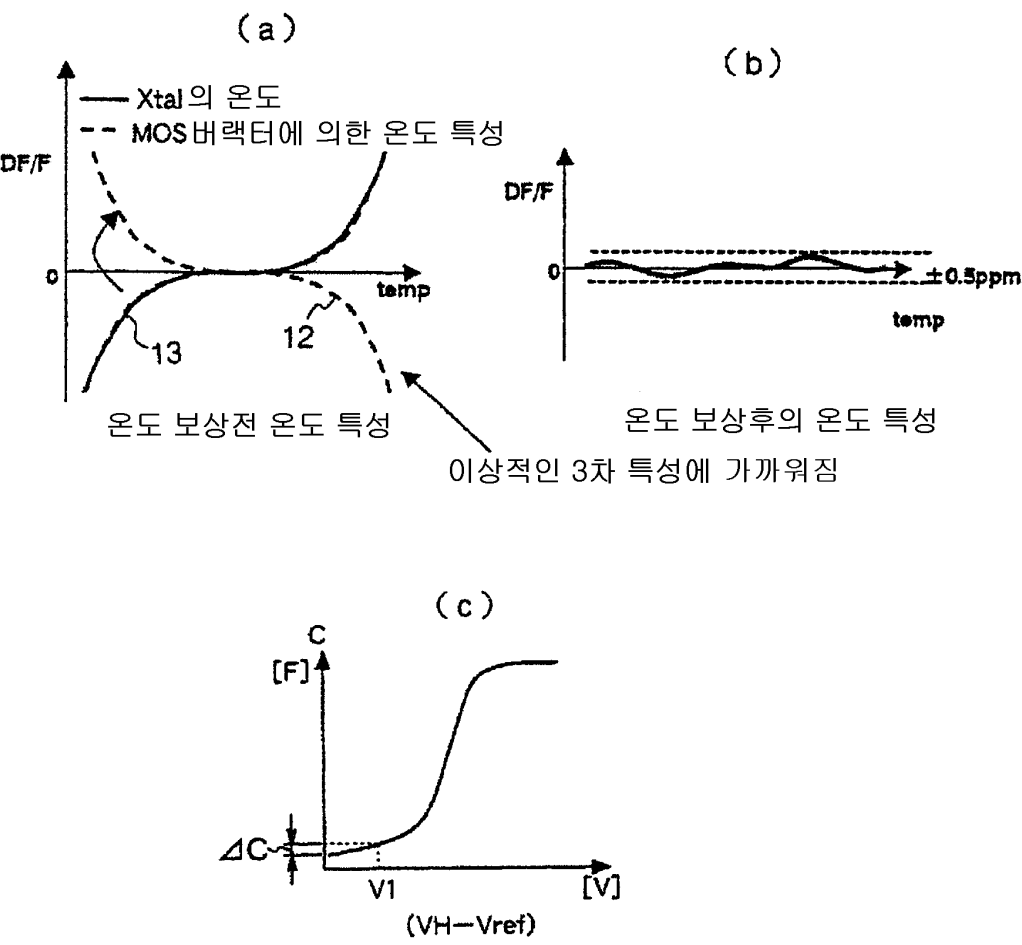
도면1



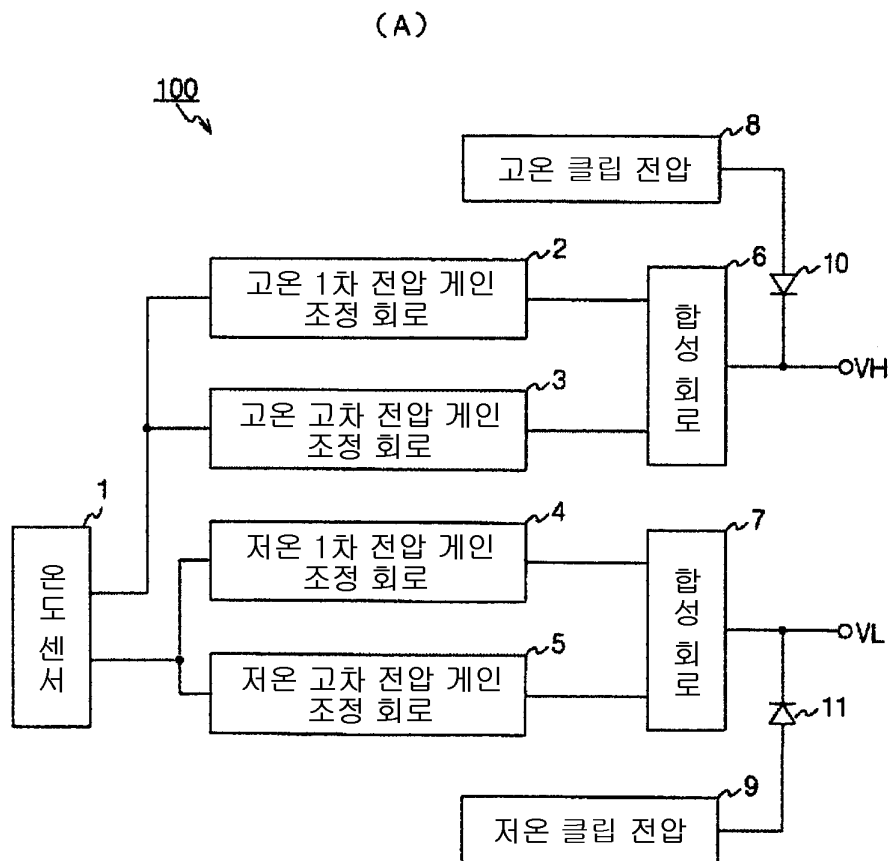
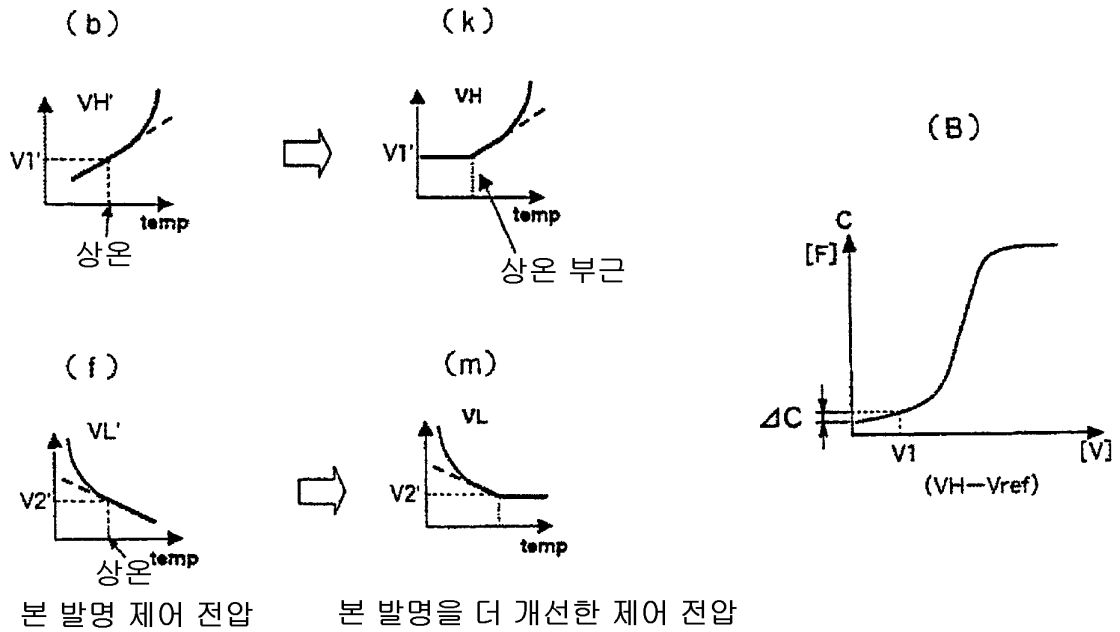
도면2



도면3



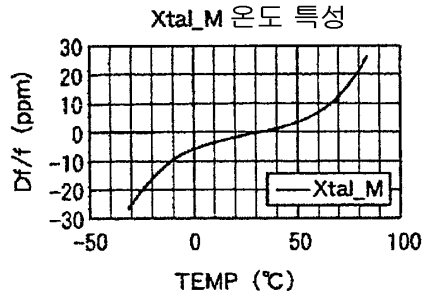
도면4



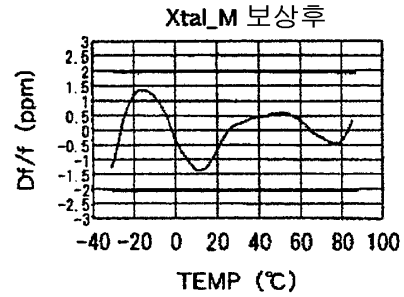
도면5

■ 종래 (직선 1개만의 온도 보상 결과)

(a)

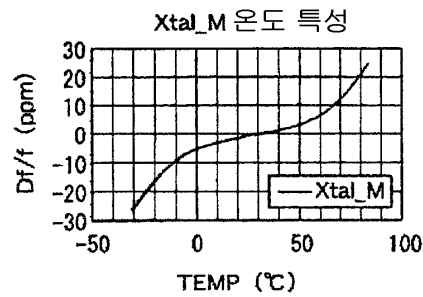


(b)

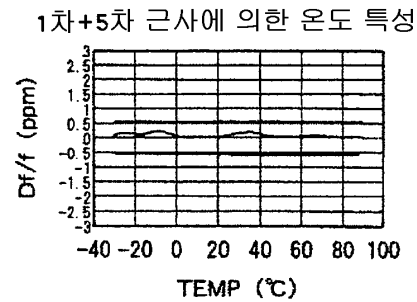


■ 본 발명 (고차의 차수에 5차 함수를 이용한 경우의 온도 보상 결과)

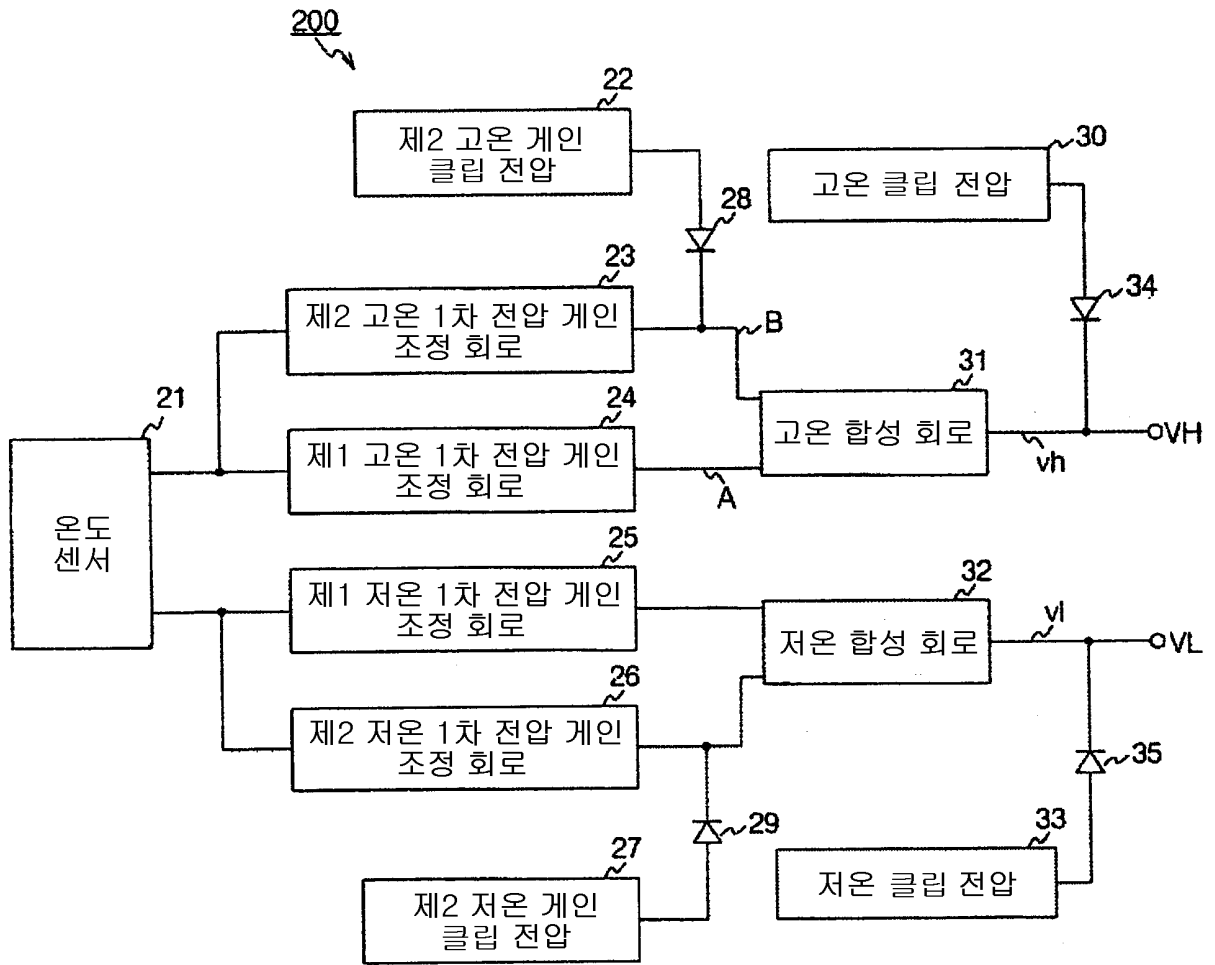
(c)



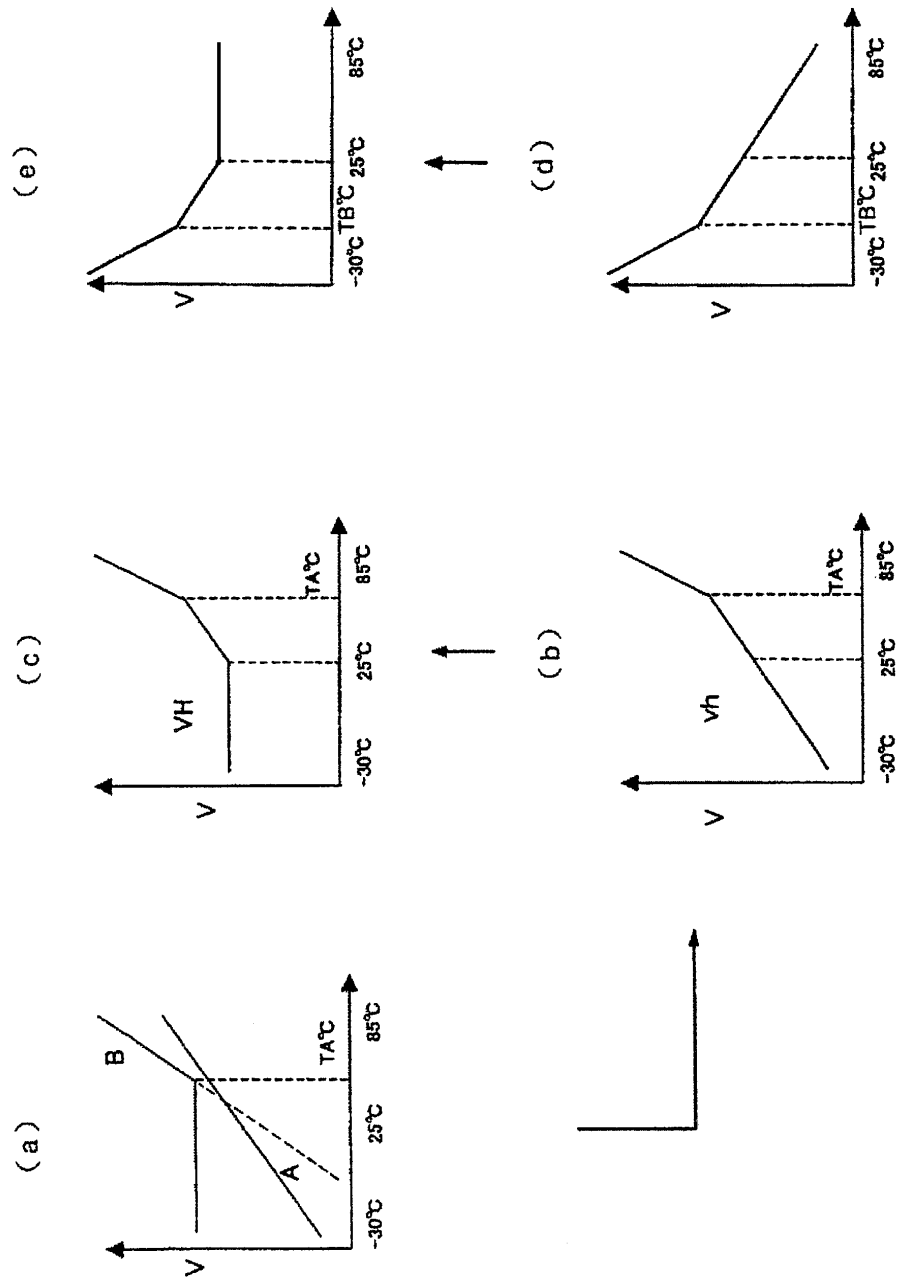
(d)



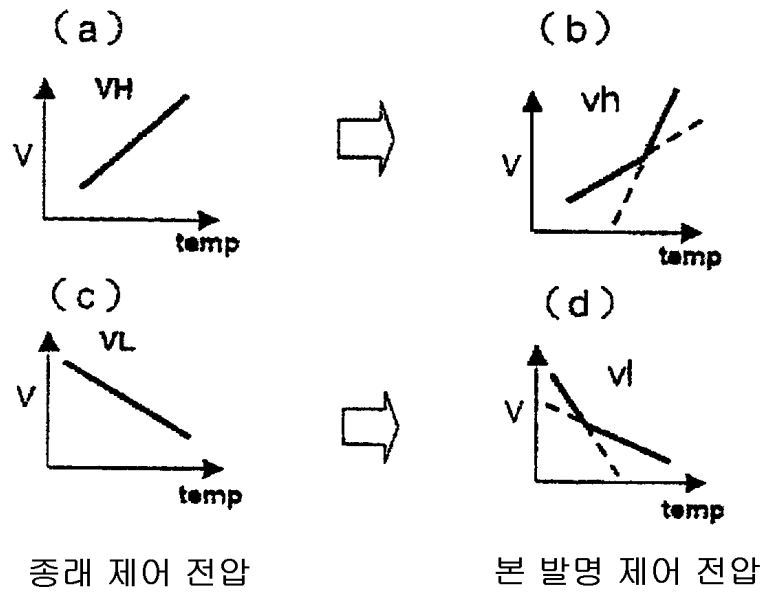
도면6



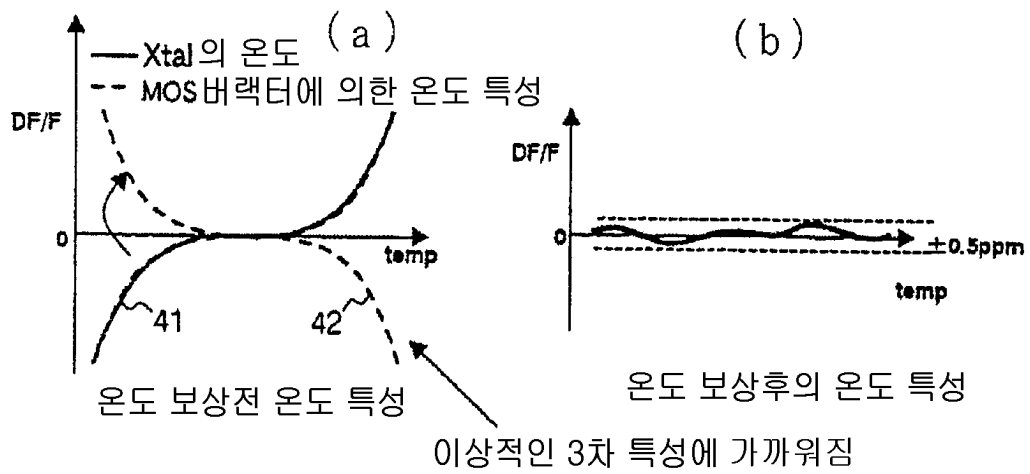
도면7



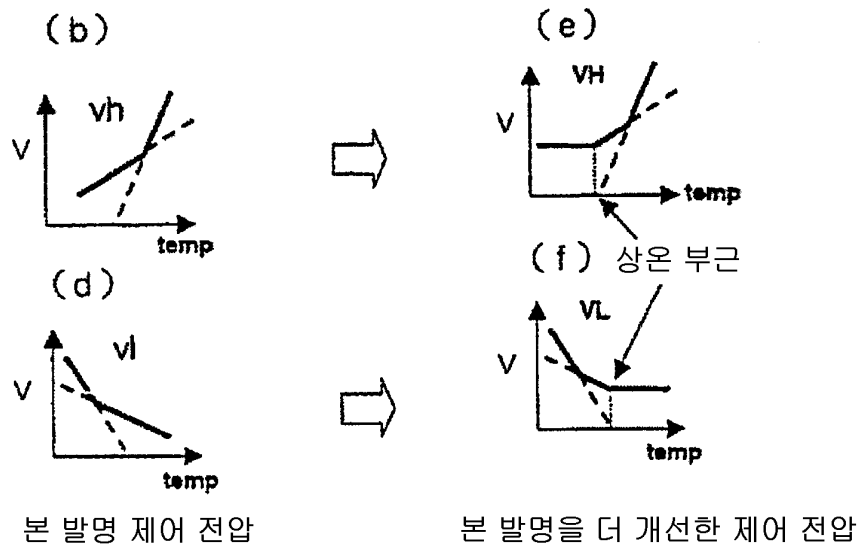
도면8



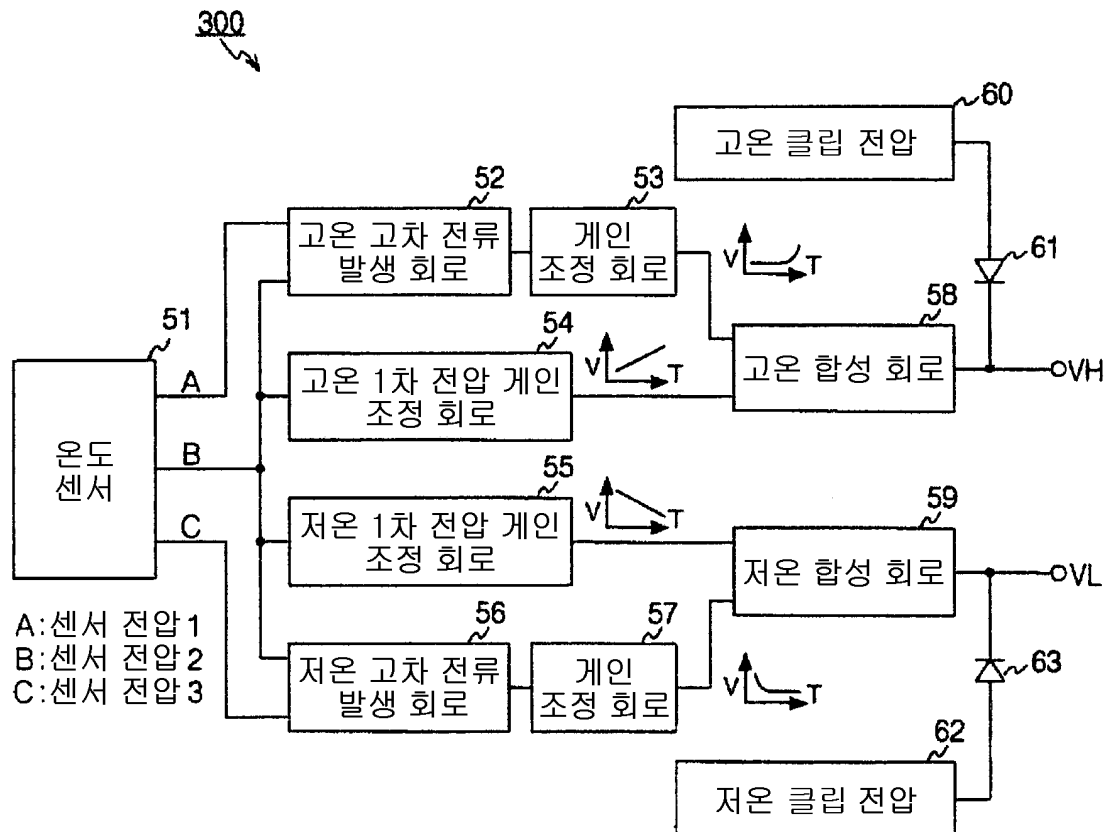
도면9



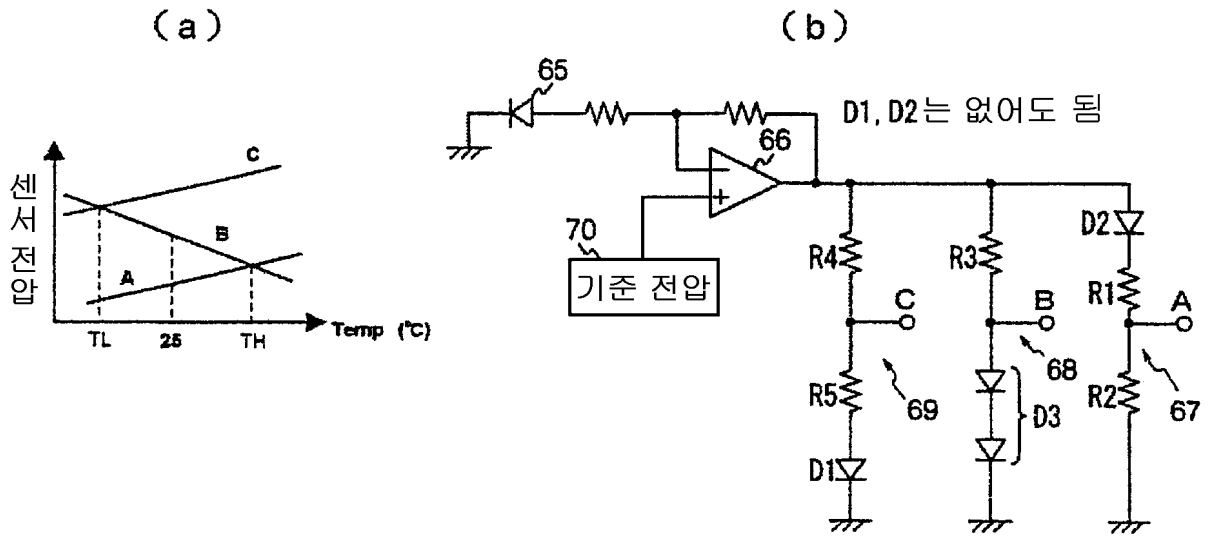
도면10



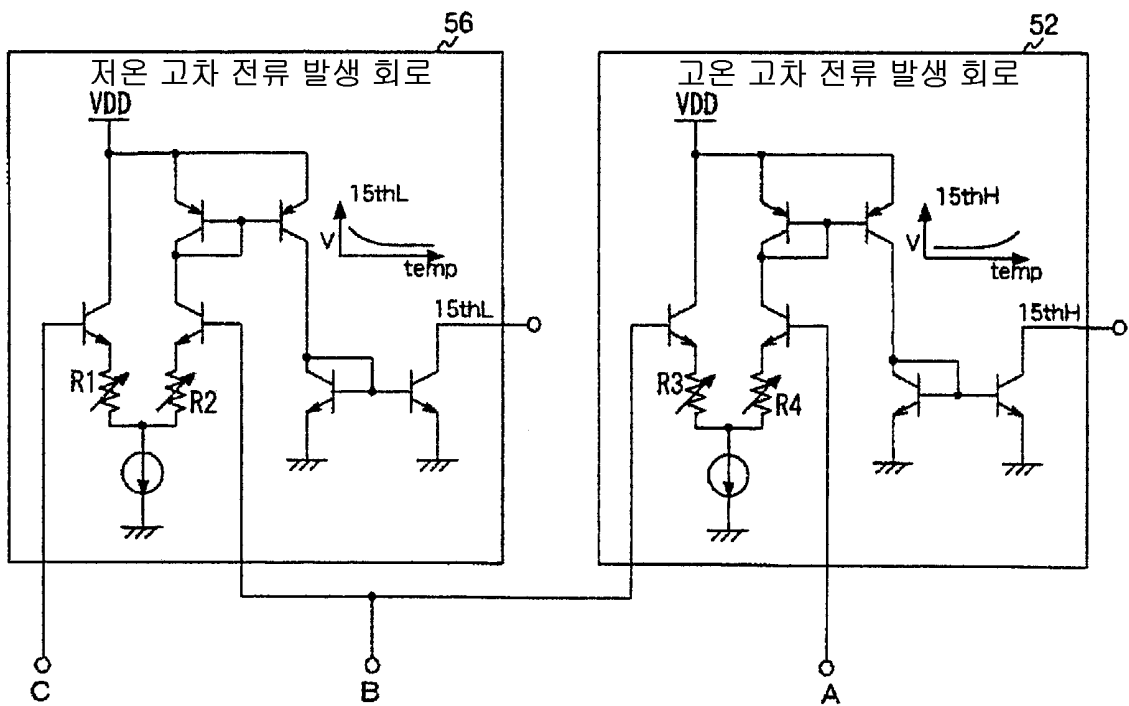
도면11



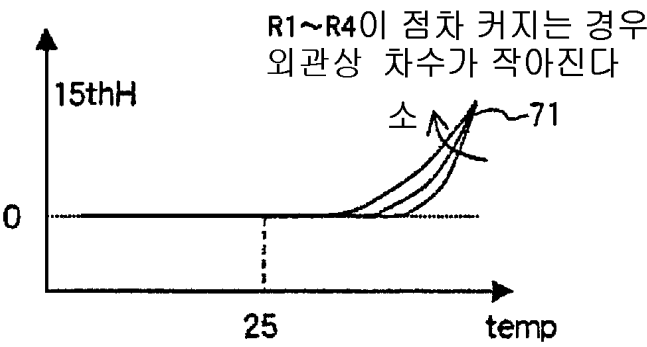
도면12



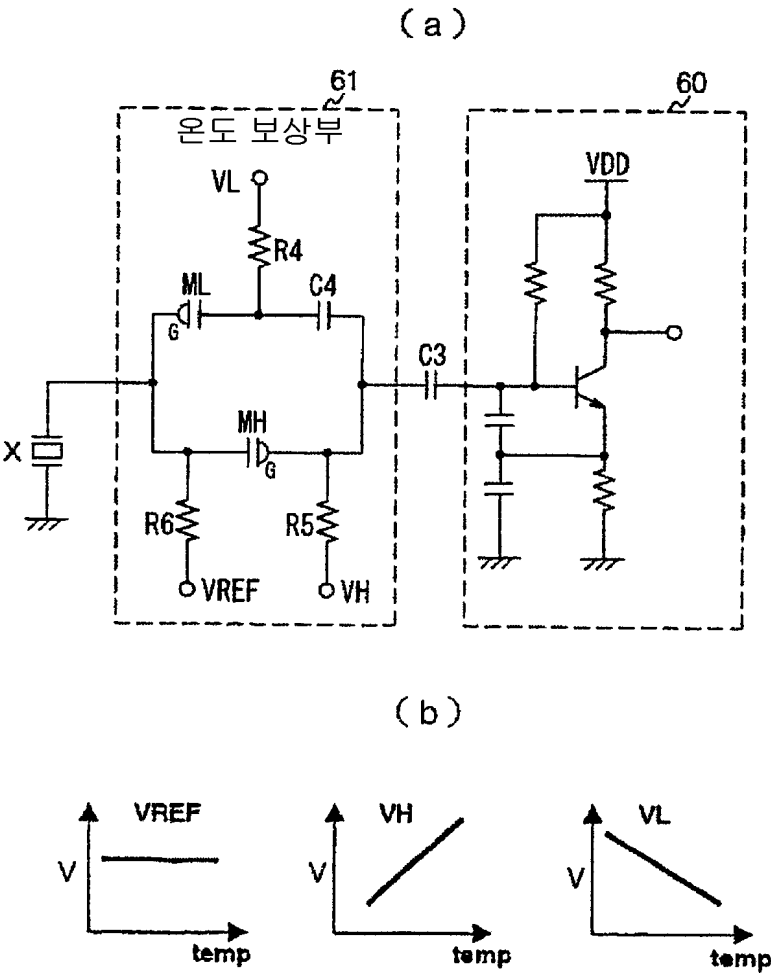
도면13



도면14



도면15



도면16

